

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова»  
Химический факультет

УТВЕРЖДАЮ

И.о. декана химического факультета,  
Чл.-корр. РАН, профессор



/С.Н. Калмыков/

«20» мая 2019 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

**Проточные методы анализа**

**Уровень высшего образования:**  
Специалитет

---

**Направление подготовки (специальность):**

04.05.01 Фундаментальная и прикладная химия

**Направленность (профиль) ОПОП:**

Аналитическая химия

**Форма обучения:**

очная

---

Рабочая программа рассмотрена и одобрена  
Учебно-методической комиссией факультета  
(протокол №3 от 13.05.2019)

Москва 2019

Рабочая программа дисциплины разработана в соответствии с самостоятельно установленным МГУ образовательным стандартом (ОС МГУ) для реализуемых основных профессиональных образовательных программ высшего образования по направлению подготовки / специальности 04.05.01 «Фундаментальная и прикладная химия» (программа специалитета), утвержденного приказом МГУ от 29 декабря 2018 года № 1770 (с изменениями по приказу № 1109 от 11.09.2019).

Год (годы) приема на обучение 2019/2020, 2020/2021

1. Место дисциплины (модуля) в структуре ООП: вариативная часть ООП, блок ПД.

2. Планируемые результаты обучения по дисциплине, соотнесенные с планируемыми результатами освоения образовательной программы (компетенциями выпускников). Соответствие результатов обучения по данному элементу ОПОП результатам освоения ОПОП (в форме компетенция – индикатор - ЗУВ) указано в Общей характеристике ОПОП.

Компетенция	Индикатор достижения	Планируемые результаты обучения по дисциплине(модулю)
<b>СПК-2.С.</b> Способен применять законы, лежащие в основе различных методов химического анализа, при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных	<b>СПК-2.С.1.</b> Использует физические законы и закономерности при интерпретации и обсуждении результатов аналитических экспериментов, представленных в литературе и полученных при решении поставленных задач	<b>Знать:</b> законы, лежащие в основе различных способов проточного анализа. <b>Уметь:</b> выбирать и обосновывать гидравлические схемы различных способов проточного определения органических соединений и ионов металлов в зависимости от природы выделяемых микрокомпонентов и характера сопутствующих веществ, а также условий эксперимента. <b>Владеть:</b> основными принципами различных способов проточного определения органических соединений и ионов металлов и применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных.
<b>СПК-3.С.</b> Способен сопоставлять возможности и области применения, достоинства и недостатки различных методов аналитической химии	<b>СПК-3.С.1.</b> Планирует схему анализа с учетом возможностей конкретного метода	<b>Знать:</b> достоинства и недостатки различных способов проточного определения веществ. <b>Уметь:</b> сопоставлять возможности и области применения различных способов проточного определения веществ. <b>Владеть:</b> навыками планирования и осуществления проточного химического анализа растворов
<b>СПК-4.С.</b> Способен анализировать научную литературу с целью выбора методов для решения конкретных аналитических задач, самостоятельно планировать исследования	<b>СПК-4.С.1</b> Сопоставляет данные разных источников и предлагает возможные способы решения конкретных аналитических задач	<b>Знать:</b> основные поисковые системы, базы данных и ведущие периодические издания по аналитической химии. <b>Уметь:</b> анализировать научную литературу с целью выбора способа проточного определения веществ для решения конкретных аналитических задач. <b>Владеть:</b> навыками к интерпретации и обсуждения результатов проведенного исследования, основываясь на современной литературе по теории и практике проточных методов анализа.

3. Объем дисциплины в зачетных единицах с указанием количества академических или астрономических часов, выделенных на контактную работу обучающихся с преподавателем (по видам учебных занятий) и на самостоятельную работу обучающихся:

*Объем дисциплины (модуля) составляет 2 зачетных единицы, всего 72 часа, из которых 36 часа составляет контактная работа студента с преподавателем (18 часов занятия лекционного типа, 12 часов – занятия семинарского типа, 4 часа – групповые консультации, 2 часа – промежуточный контроль успеваемости), 36 часов составляет самостоятельная работа студента.*

4. Входные требования для освоения дисциплины (модуля), предварительные условия.

Обучающийся должен

**знать:** место проточных методов в практике химического анализа, их значение; физико-химические основы методов разделения и концентрирования в проточных системах анализа; области применения проточных методов, достоинства и недостатки различных способов проточного анализа; принципы работы основных приборов, используемых для этих целей.

**уметь:** выбирать и обосновывать способы проточного определения органических соединений и ионов металлов в зависимости от природы определяемых микрокомпонентов и характера сопутствующих веществ, обсуждать результаты проведенного исследования; ориентироваться в современной литературе по теории проточных методов и их применению в различных областях науки и производства.

**владеть:** основными химическими теориями, концепциями, законами, описывающими поведение микрокомпонентов в проточных системах анализа и применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных; навыками планирования и осуществления проточного химического анализа.

5. Содержание дисциплины (модуля), структурированное по темам.

Наименование и краткое содержание разделов и тем дисциплины (модуля), форма промежуточной аттестации	Всего (часы)	В том числе	
		Контактная работа (работа во взаимодействии с преподавателем), часы из них	Самостоятельная работа обучающегося, часы из них

		Занятия лекционного типа	Занятия семинарского типа	Групповые консультации	Индивидуальные консультации	Учебные занятия, направленные на проведение текущего контроля успеваемости, промежуточной аттестации	<b>Всего</b>	Выполнение домашних заданий	Подготовка рефератов. П.	<b>Всего</b>
Раздел 1. Классификация проточных методов определения органических и неорганических веществ, основные отличия от других методов; преимущества и недостатки.	<b>10</b>	2	2	0	0	0	4	2	4	6
Раздел 2. Теоретические основы проточного анализа	<b>20</b>	6	2	2	0	0	10	4	6	10
Раздел 3. Концентрирование в проточных системах анализа	<b>24</b>	8	4	0	0	0	12	4	8	12
Раздел 4. Применение проточных методов для решения практических задач	<b>16</b>	2	4	2	0	0	8	4	4	8
Промежуточная аттестация <u>зачет</u>	<b>2</b>					2	2			
<b>Итого</b>	<b>72</b>	18	12	4	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>36</b>	14	22	<b>36</b>

#### 6. Образовательные технологии:

-применение компьютерных симуляторов, обработка данных на компьютерах, использование компьютерных программ, управляющих приборами;

-использование средств дистанционного сопровождения учебного процесса;  
 -преподавание дисциплин в форме авторских курсов по программам, составленным на основе результатов исследований научных школ МГУ.

#### **7. Учебно-методические материалы для самостоятельной работы по дисциплине (модулю):**

Студентам предоставляется программа курса, план занятий и задания для самостоятельной работы, презентации к лекционным занятиям.

#### **Вопросы для тестовых опросов:**

#### **Раздел 1. Классификация проточных методов определения органических и неорганических веществ, основные отличия от других методов; преимущества и недостатки.**

- 1.1. Какими способами осуществляется автоматизация анализа жидкостей?
- 1.2. Назовите основные способы проточного анализа.
- 1.3. В каком году опубликованы первые работы по непрерывному проточному анализу?
- 1.4. В каком году опубликованы первые работы по проточно-инжекционному анализу?
- 1.5. В каком году опубликованы первые работы по последовательному инъекционному анализу?
- 1.6. Какие методы анализа относят к «родственным» по отношению к проточным методам?
- 1.7. Чем отличается перекрестный инъекционный анализ от проточно-инжекционного анализа?
- 1.8. Является ли циклический инъекционный анализ проточным методом и почему?
- 1.10. Каковы типовые объемы анализируемых проб при непрерывном, проточно-инжекционном и последовательном инъекционном анализе?
- 1.11. Какова роль реверсивного насоса в последовательном инъекционном анализе?
- 1.12. Перечислите типы детекторов, применяемых в проточных системах анализа.
- 1.13. Назовите основные составные части (блоки) проточных систем анализа.
- 1.14. Из каких материалов изготавливают трубопроводы и краны (клапаны) проточных систем?
- 1.15. Является ли ВЭЖХ проточным методом анализа и почему?

#### **Раздел 2. Теоретические основы проточного анализа.**

- 2.1. Каковы основные этапы развития теории проточно-инжекционного анализа?
- 2.2. Назовите основной параметр, определяющий метрологические характеристики проточно-инжекционного определения.
- 2.3. Перечислите основные физико-химические параметры, определяющие дисперсию зон в проточно-инжекционном анализе.
- 2.4. Перечислите конструкционные параметры проточной системы, определяющие дисперсию зон в проточно-инжекционном анализе.
- 2.5. Как влияет скорость потока в системе на дисперсию зон в проточно-инжекционном анализе?

- 2.6. Как влияет объем вводимой пробы на дисперсию зон в проточно-инжекционном анализе?
- 2.7. Поясните, как ширина зоны аналита в потоке влияет на метрологические характеристики при ИСП-МС детектировании.
- 2.8. Поясните, как ширина зоны аналита в потоке влияет на метрологические характеристики при атомно-абсорбционном детектировании.

### **Раздел 3. Концентрирование в проточных системах анализа.**

- 3.1. Какие методы концентрирования применяют в проточных системах анализа?
- 3.2. Перечислите основные требования к системам концентрирования, применяемым в проточных системах анализа.
- 3.3. Объясните суть приема «Bead injection».
- 3.4. В чем заключаются сложности сочетания концентрирования и спектрофотометрического детектирования в проточных системах?
- 3.5. В чем заключаются сложности сочетания концентрирования и электрохимического детектирования в проточных системах?
- 3.6. Каковы основные этапы разработки проточных систем, включающих концентрирование?

### **Раздел 4. Применение проточных методов для решения практических задач.**

- 4.1. Какие компоненты определяют в пресных водах с использованием проточных методов?
- 4.2. Какие компоненты определяют в морских водах с использованием проточных методов?
- 4.3. Какой основной прием применяют для проточного определения нитритов и нитратов в растворах?
- 4.4. Какие компоненты определяют в растениях с использованием проточных методов?
- 4.5. Какие компоненты определяют в почвах с использованием проточных методов?
- 4.6. Приведите примеры анализаторов, применяемых в агрохимической службе для одновременного определения нескольких компонентов.

### **Примерные темы рефератов.**

1. Проточно-инжекционный анализ – современные достижения, перспективы развития, области применения.
2. Последовательный инжекционный анализ – современные достижения, перспективы развития, области применения.
3. «Лаборатория на кране» – третье рождение проточно-инжекционного анализа.
4. Циклический инжекционный анализ – история развития, достоинства и недостатки.
5. Методы анализа, похожие на проточные (родственные методы).
6. Пути миниатюризации проточного анализа.
7. Дисперсия зон в потоке, попытка математического описания (без химической реакции).
8. Дисперсия зон в системах с химической реакцией.
9. Непрерывный проточный анализ, исторические аспекты.
10. Общие требования к проточным системам концентрирования.
11. Сорбционное концентрирование в проточных системах анализа.

12. Прием «Bead injection», его применение в проточном анализе.
13. Экстракционное концентрирование в проточных системах анализа.
14. Диализ в проточных системах анализа.
15. Осаждение и соосаждение в проточных системах.
16. Проточные системы, включающие концентрирование аналитов в неравновесных условиях.
17. Проточные системы, включающие концентрирование аналитов с использованием субкритической воды.
18. Осаждение/соосаждение в проточных системах анализа.
19. Особенности проточных систем со спектрофотометрическими детекторами.
20. Особенности проточных систем с атомно-абсорбционными детекторами.
21. Особенности проточных систем с ИСП-АЭС/ИСП-МС детекторами.
22. Особенности проточных систем, включающих ВЭЖХ определение.
23. Применение проточных систем для анализа пресных вод.
24. Применение проточных систем для анализа морских вод.
25. Применение проточных систем в анализе воздуха.
26. Применение проточных систем в анализе растений.
27. Применение проточных систем в анализе пищевых продуктов.
28. Применение проточных систем в анализе биологических объектов.
29. Применение проточных систем в анализе фармпрепаратов.
30. Применение проточных систем в анализе агрохимических объектов.

#### 8. Ресурсное обеспечение:

- Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу

Перечень основной и вспомогательной учебной литературы ко всему курсу. Со всех компьютеров МГУ организован доступ к полным текстам научных журналов и книг на русском и иностранных языках. Доступ открыт по IP-адресам, логин и пароль не требуются:

<http://nbmgu.ru/>

#### Основная литература

1. Основы аналитической химии. Задачи и вопросы. / Под ред. Ю.А. Золотова. Учебное пособие для вузов. Алов Н.В., Барбалат Ю.А., Брыкина Г.Д., Гармаш А.В., Дмитриенко С.Г., Долманова И.Ф., Прохорова Г.В., Осипова Е.А., Шаповалова Е.Н., Шеховцова Т.Н., Торочешникова И.И. ISBN 5-06-004029-1, М.: Высшая школа, 2002. 412 с.
2. Проточные методы химического анализа. Под ред. Ю.А.Золотова. М.: Наука, 2014. 428 с.
3. Цизин Г.И., Статкус М.А. Сорбционное концентрирование микрокомпонентов в динамических условиях. 2016. Москва, ООО «ЛЕ-НАНД», ISBN 978-5-9710-3465-0, 448 с.
4. Л. Н. МОСКВИН, А. В. БУЛАТОВ,

5. Москвин Л.Н., Булатов А.В., Москвин Л.Н. Проточные методы анализа. Ст.-Петербург, ВВМ. 2008. 47 с.
6. Золотов Ю.А., Цизин Г.И., Дмитриенко С.Г., Моросанова Е.И. Сорбционное концентрирование микрокомпонентов из растворов. Применение в неорганическом анализе. М.: Наука, 2007. 320 с.

### Дополнительная литература

- 1 Ruzicka J., Hansen E.H. Flow injection analysis. New York. Wiley and Sons Ltd. 1988.
- 2 Л.Н. Москвин, А.В. Булатов, А.Л. Москвин. Проточные методы анализа. СПб. ВВМ. 2008.
- 3 Л.Н. Москвин, А.В. Булатов, А.С. Колот, Г.Л. Григорьев. Заводская лаборатория. Диагностика материалов. Москва. ООО Издательство "ТЕСТ-3Л". 2008.
4. Золотов Ю.А., Цизин Г.И., Дмитриенко С.Г., Моросанова Е.И. Сорбционное концентрирование микрокомпонентов из растворов. Применение в неорганическом анализе. Москва. Наука. 2007.
- 5 Flow-Injection Atomic Spectroscopy. / ed. Burguera J.L. New York. Marcel Dekker. 1989.
- 6 Fang Z. Flow injection separation and preconcentration. New York. VCH. 1993.
- 7 Fang Z. Flow Injection Atomic Absorption Spectrometry. Chichester. Wiley and Sons Ltd. 1995.
- 8 Hennion M.-C. J. Chromatogr. A. Amsterdam. Elsevier Science Publishing Company. 1999. V. 856. P. 3-54.
- 9 Villasenor S.R. J. Chromatogr. Amsterdam. Elsevier Science Publishing Company. 1992. V. 602. P. 155 – 161.
- 10 Barcelo D., Hennion M.-C. Anal. Chim. Acta. Amsterdam. Elsevier Science Publishing Company. 1995. V. 318. P. 1 – 41.
- 11 Цизин Г.И., Золотов Ю.А. Журн. аналит. химии. Москва. МАИК/Интерпериодика. 2002. Т.57. №7. С.678 – 698.
- 12 Олиферова Л.А., Статкус М.А., Цизин Г.И., Ван Д., Золотов Ю.А. Журн. аналит. химии . Москва. МАИК/Интерпериодика. 2006. Т. 61. №5. С.454 – 480.
- 13 Большов М.А., Карандашев В.К., Цизин Г.И., Золотов Ю.А. Журн. аналит. химии. Москва. МАИК/Интерпериодика. 2011. Т. 66. № 6. С. 564 – 581.

- Материально-техническое обеспечение: занятия проводятся в обычной аудитории, оснащенной доской и мелом (маркерами), персональным компьютером и мультимедийным проектором

9. Язык преподавания – русский

### 10. Преподаватели:

1. Цизин Григорий Ильич, д.х.н., гл. науч. сотр.; [tsisin@analyt.chem.msu.ru](mailto:tsisin@analyt.chem.msu.ru)
2. Статкус Михаил Александрович, к.х.н., ст. науч. сотр.; [mstatkus@gmail.com](mailto:mstatkus@gmail.com)

## Фонды оценочных средств, необходимые для оценки результатов обучения

Образцы оценочных средств для текущего контроля усвоения материала и промежуточной аттестации - зачету. На зачете проверяется достижение промежуточных индикаторов компетенций, перечисленных в п.2.

### Вопросы к зачету

1. Непрерывный проточный анализ. Сущность метода. Области применения
2. Проточно-инжекционный анализ – современные достижения, перспективы развития, области применения.
3. Последовательный инжекционный анализ – современные достижения, перспективы развития, области применения.
4. «Лаборатория на кране» – третье рождение проточно-инжекционного анализа.
5. Циклический инжекционный анализ – история развития, достоинства и недостатки.
6. Структура проточной системы анализа, основные блоки. Требования к составным частям проточной системы.
7. История развития проточного анализа. Основные этапы.
8. Дисперсия зон в проточном анализе. Факторы, определяющие дисперсию.
9. Физико-химические, конструкционные и рабочие параметры, определяющие дисперсию зон в проточном анализе.
10. Взаимосвязь дисперсии зон в потоке и метрологических характеристик проточного определения веществ.
11. Общие требования к проточным системам концентрирования.
12. Сорбционное концентрирование в проточных системах анализа.
13. Прием «Bead injection», его применение в проточном анализе.
14. Экстракционное концентрирование в проточных системах анализа.
15. Диализ в проточных системах анализа.
16. Осаждение и соосаждение в проточных системах анализа.
17. Особенности сочетания концентрирования и спектрофотометрического детектирования в проточных системах анализа.
18. Особенности сочетания концентрирования и электрохимического детектирования в проточных системах анализа.
19. Особенности проточных систем с ИСП-АЭС/ИСП-МС детекторами.
20. Основные этапы разработки проточных систем, включающих концентрирование.
21. Особенности проточных систем, включающих концентрирование и ВЭЖХ определение.
22. Применение проточных систем для анализа пресных вод.
23. Применение проточных систем для анализа морских вод.
24. Применение проточных систем в анализе воздуха.
25. Применение проточных систем в анализе растений.
26. Применение проточных систем в анализе пищевых продуктов.
27. Применение проточных систем в анализе биологических объектов.

28. Применение проточных систем в анализе фармпрепаратов.  
29. Применение проточных систем в анализе агрохимических объектов

### Методические материалы для проведения процедур оценивания результатов обучения

Шкала оценивания знаний, умений и навыков является единой для всех дисциплин (приведена в таблице ниже)

ШКАЛА И КРИТЕРИИ ОЦЕНИВАНИЯ РЕЗУЛЬТАТА ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)				
Оценка \ Результат	2	3	4	5
Знания	Отсутствие знаний	Фрагментарные знания	Общие, но не структурированные знания	Сформированные систематические знания
Умения	Отсутствие умений	В целом успешное, но не систематическое умение	В целом успешное, но содержащее отдельные пробелы умение (допускает неточности непринципиального характера)	Успешное и систематическое умение
Навыки (владения)	Отсутствие навыков	Наличие отдельных навыков	В целом, сформированные навыки, но не в активной форме	Сформированные навыки, применяемые при решении задач

РЕЗУЛЬТАТ ОБУЧЕНИЯ по дисциплине (модулю)	ФОРМА ОЦЕНИВАНИЯ
<p><b>Уметь:</b> применять основные закономерности проточных методов анализа при решении задач профессиональной деятельности.</p> <p><b>Уметь:</b> выбирать и обосновывать схемы проточного определения органических соединений и ионов металлов в зависимости от природы выделяемых микрокомпонентов и характера сопутствующих веществ.</p> <p><b>Уметь:</b> сопоставлять возможности и области применения различных способов проточного анализа.</p> <p><b>Уметь:</b> анализировать научную литературу с целью выбора способов проточного анализа для решения конкретных аналитических задач.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>
<p><b>Владеть:</b> формами и методами научного познания применительно к проточным методам анализа.</p> <p><b>Владеть:</b> основными принципами различных способов проточного определения органических соединений и ионов металлов и применять основные законы химии при обсуждении полученных результатов, в том числе с привлечением информационных баз данных.</p> <p><b>Владеть:</b> навыками планирования и осуществления проточного химического анализа.</p>	<p>мероприятия текущего контроля успеваемости, устный опрос на зачете</p>

<b>Владеть:</b> навыками к интерпретации и обсуждения результатов проведенного исследования, основываясь на современной литературе по теории и практике проточных методов анализа.	
--	--